



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ Patentschrift  
⑩ DE 32 43 887 C 2

⑤① Int. Cl.<sup>5</sup>:  
**B 29 C 67/12**  
F 01 D 25/00  
F 02 C 7/055

⑳ Aktenzeichen: P 32 43 887.7-16  
㉔ Anmeldetag: 26. 11. 82  
㉕ Offenlegungstag: 30. 6. 83  
㉖ Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 9. 7. 92

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

③① Unionspriorität: ③② ③③ ③①  
21.12.81 US 332695

⑦③ Patentinhaber:  
United Technologies Corp., Hartford, Conn., US

⑦④ Vertreter:  
Menges, R., Dipl.-Ing., Pat.-Anw., 8000 München

⑦② Erfinder:  
Premont jun., Emile Joseph, South Hadley, Mass.,  
US

⑤⑥ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit  
in Betracht gezogene Druckschriften:

GB	12 45 415
US	40 57 359
US	36 02 602
US	29 99 667

⑤④ Verfahren zum Herstellen einer Auffangvorrichtung

DE 3243887 C 2

BEST AVAILABLE COPY

DE 3243887 C 2

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren der im Oberbegriff des Patentanspruchs 1 angegebenen Art.

Ein solches Verfahren ist aus der US 36 02 602 und aus der US 29 99 667 bekannt.

In Gasturbinentriebwerken werden Rotorbaugruppen mit hohen Umdrehungsgeschwindigkeiten um eine Drehachse angetrieben. Die Rotorbaugruppen enthalten Rotorscheiben und Laufschaufeln. Fremdkörper wie Vögel, Hagelkörner oder andere Objekte, die gelegentlich in das Triebwerk eingesaugt werden, können auf die Schaufeln auftreffen und bewirken, daß Teile der Rotorbaugruppe abbrechen oder sich von der Rotorscheibe trennen. Bei einer solchen Störung können Teile der Rotorbaugruppe von dieser aus mit Geschwindigkeiten von mehreren hundert Metern pro Sekunde nach außen geschleudert werden. Diese Geschwindigkeiten haben Komponenten in axialer, tangentialer und radialer Richtung. Eine Vorrichtung zum Auffangen solcher Bruchstücke ist in der GB 12 45 415 beschrieben. Diese britische Patentschrift beschreibt eine Auffangvorrichtung, die aus zwei gleichen Metallstreifen besteht, welche gemeinsam so gewickelt sind, daß sie eine schraubenlinienförmige Abschirmung um ein Gehäuse bilden. Die oben erwähnte US 29 99 667 beschreibt eine Auffangvorrichtung aus einer Bahn verflochtener Drähte, die von einem zum anderen Ende der Bahn durchgehend sind. Die Bahn ist wendelförmig in einem Gehäuse um einen Kranz von Laufschaufeln angeordnet.

Es ist auch bekannt, Auffangvorrichtungen aus synthetischen Fasern, die in ein Gewebe oder ein Gurtband eingeflochten sind, herzustellen. So beschreibt die US 40 57 359 eine flexible Gehäuseabdeckung, die durch Zusammenheften von zwei Abschnitten eines schußfesten Gewebes gebildet ist. Diese US-Patentschrift erwähnt eine aliphatische Polyamidfaser und eine aromatische Polyamidfaser als Fasern, die zum Herstellen des Gewebes geeignet sind. Die oben ebenfalls bereits erwähnte US 36 02 602 beschreibt eine Auffangvorrichtung, die durch Wickeln eines Bandes um ein Triebwerksgehäuse in einer Flucht mit der erwarteten Bewegungsbahn von Bruchstücken hergestellt wird, um Bruchstücke bei einem Versagen des Triebwerks aufzufangen. Es sind keine Mittel vorgesehen zum Verkleben oder Befestigen von benachbarten Lagen der Wicklung miteinander oder dem Gehäuse, um das das Band gewickelt ist. Die Bandwicklung wird aus schußfestem Material aus aliphatischen Polyamidfasern (wie z. B. Nylon®) statt aus einem Gewebe aus aromatischen Polyamidfasern (wie z. B. Kevlar®) hergestellt.

Die Verwendung eines Gewebes aus aromatischen Polyamidfasern, das in Vor- und Rückwärtsrichtung längs der Kanten außerhalb eines Filzes dieses Materials gehalten ist, der radial zwischen dem Gewebe und einem mit einem Wabenmaterial unterlegten Stahlmantel eingeschlossen ist, wird als Auffangvorrichtung in dem NASA Final Report "Development of Advanced Lightweight Containment Systems", Mai 1981, empfohlen. Dieser Bericht wurde unter dem NASA-Kontrakt Nr. NAS3-21 823 erstellt.

Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren der im Oberbegriff des Patentanspruchs 1 angegebenen Art so zu verbessern, daß sich eine Auffangvorrichtung herstellen läßt, die ein geringeres Gewicht hat und trotzdem Teilchen nicht aus einem Gehäuse, z. B. der ein Triebwerk umgebenden Gondel, entweichen läßt, auch wenn die Teilchen beträchtliche axiale und radiale Ge-

schwindigkeitskomponenten haben.

Diese Aufgabe ist erfindungsgemäß durch die im Patentanspruch 1 angegebenen Schritte gelöst.

Durch das Verfahren nach der Erfindung wird die aus Gewebewicklungen bestehende Bandage mit einer kontrollierten Zugspannung vorgespannt, um die Bewegung der Bandage im betriebsbereiten Zustand zu beeinflussen.

Ein Hauptvorteil der durch das Verfahren nach der Erfindung hergestellten Auffangvorrichtung ist das Auffangen von Projektilen innerhalb der Gondel eines Gasturbinentriebwerks bei einem Laufschaufelversagen des Triebwerks. Ein weiterer Vorteil ist, daß die Auffangvorrichtung in der Lage ist, das Entweichen von Sekundärbruchstücken zu blockieren, die sonst durch Löcher hindurchgehen könnten, die während des Durchgangs von großen Bruchstücken durch die Tragvorrichtung gebildet worden sind, durch Minimieren der Verschiebung oder des Wegklappens der Bandage von solchen Löchern. Ein weiterer Vorteil ist das kleinere radiale Profil der Gondel, das sich aus dem Verringern des radialen Ausbiegens der Bandage bei dem Aufprall eines Teilchens im Vergleich zu Auffangvorrichtungen ergibt, bei denen eine nicht unter Zugspannung stehende Bandage benutzt wird. Noch ein weiterer Vorteil ist das Vermeiden des Entweichens von großen Teilchen zwischen der Kante der Bandage und der Tragvorrichtung.

Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung bilden die Gegenstände der Unteransprüche.

In einer Ausführungsform ist ein Ende des Gewebes an der Tragvorrichtung befestigt. Das andere Ende des Gewebes ist an der Außenseite des Gewebes befestigt. In einer weiteren Ausführungsform ist die Einbaulänge des Gewebes 5% größer als die freie Länge des Gewebes. In einer besonderen Ausführungsform wird ein Überzug aus Epoxidharz auf die Außenfläche der Bandage aufgebracht, nachdem das Wickeln derselben beendet ist.

Mehrere Ausführungsbeispiele der Erfindung werden im folgenden unter Bezugnahme auf die Zeichnungen näher beschrieben.

Es zeigt

Fig. 1 eine perspektivische Ansicht eines Gasturbinentriebwerks, das in einer Flugzeuggondel befestigt ist, wobei ein Teil der Gondel und des Triebwerks weggebrochen dargestellt sind, um einen Kranz von Laufschaufeln und ein benachbartes Fanggehäuse in dem Triebwerk sichtbar zu machen,

Fig. 2 eine Längsschnittansicht des Fanggehäuses in der Nähe der Laufschaufel und eine Seitenansicht der Laufschaufel, wobei Teile der Laufschaufel weggebrochen worden sind,

Fig. 3 eine Diagramm, das die axiale Kraft zeigt, die erforderlich ist, um eine inkrementelle Vergrößerung der Länge eines Gewebes zu verursachen,

Fig. 4 ein Diagramm, in welchem die in dem Gewebe auftretende technische Spannung über dem technischen Dehnungsverhältnis des Gewebes aufgetragen ist,

Fig. 5 ein Diagramm, in welchem die Ausbiegung des Gewebes, die aus einem Stoß gegen das Gewebe durch ein Projektil, das nur eine radiale Geschwindigkeit hat, resultiert, in Abhängigkeit von der Vorspannung, die das Gewebe im eingebauten Zustand hat, aufgetragen ist,

Fig. 6 ein Diagramm, das die Fähigkeit des vorgespannten Gewebes, ein Projektil aufzufangen, das nur eine radiale Geschwindigkeit hat, in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit des Projektils zeigt,

Fig. 7 in auseinandergezogener Darstellung eine Tragvorrichtung nach Fig. 2 zum Veranschaulichen eines Verfahrens zum Zusammenbauen der Tragvorrichtung.

Fig. 8 eine Vorrichtung zum Herumwickeln von unter Zugspannung stehendem Gewebe um die Tragvorrichtung.

Fig. 8a eine Vorrichtung zum Herumwickeln von unter Zugspannung stehendem Gewebe während der Übergabe des Gewebes von einer Geweberolle zur anderen.

Fig. 9 eine weitere Ausführungsform der in Fig. 8 gezeigten Vorrichtung, wobei ein angehängtes Gewicht zum Vorspannen des Gewebes benutzt wird.

Fig. 9a eine weitere Ausführungsform der in Fig. 8a gezeigten Vorrichtung.

Fig. 10 einen Teil einer Laufschaufel, die sich nach außen bewegt und einen Reibstreifen sowie die Tragvorrichtung durchbohrt.

Fig. 11 einen Teil einer Laufschaufel, die die Tragvorrichtung durchdrungen und die Gewebeumwicklung ausgebogen hat.

Fig. 12 eine Seitenansicht nach der Linie 12-12 in Fig. 11.

Fig. 12a eine perspektivische Ansicht einer Rotorbaugruppe, eines Laufschaufelbruchstückes der Rotorbaugruppe, der Tragvorrichtung und des Gewebes, und zwar teilweise im Schnitt und teilweise weggebrochen.

Fig. 13 eine Fig. 10 entsprechende schematische Darstellung des Teils der Laufschaufel, nachdem die Laufschaufel sich in bezug auf den Durchdringungspunkt der Tragvorrichtung axial bewegt hat.

Fig. 14 das zwischen die Tragvorrichtung und das sich umfangsmäßig erstreckende Gewebe eingeschlossene Laufschaufelbruchstück, und

Fig. 15 eine Draufsicht nach der Linie 15-15 in Fig. 13.

Fig. 1 zeigt ein Gasturbinentriebwerk 10 der Turbofan-Bauart. Eine Gondel 12 umgibt das Triebwerk und dient zum Abstützen und Positionieren des Triebwerks an einer Flugzeugtragfläche (nicht dargestellt). Das Triebwerk 10 besteht aus einem Fanabschnitt 14, einem Verdichterabschnitt 16, einem Verbrennungsabschnitt 18 und einem Turbinenabschnitt 20. Ein Primärströmungsweg 22 für Arbeitsmediumgase erstreckt sich durch diese Abschnitte nach hinten. Ein Sekundärströmungsweg 24 für Arbeitsmediumgase erstreckt sich außerhalb des Primärströmungsweges nach hinten.

Der Fanabschnitt 14 enthält eine Rotorbaugruppe 26 und eine Statorbaugruppe 28. Die Statorbaugruppe 28 hat ein sich axial erstreckendes Fanggehäuse 30, das eine Innenwand der Gondel 12 bildet. Hilfsvorrichtungen, wie ein Kanal 32 für Luft zum Verhindern des Vereisens und ein Anlasser (nicht dargestellt) zum Anlassen des Triebwerks 10 mit Druckluft, sind radial außerhalb des Fanghäuses 30 angeordnet. Die Rotorbaugruppe 36 enthält eine Rotorscheibe 33 und mehrere Laufschaufeln 34. Jede Laufschaufel 34 hat ein Wurzelgebiet 36, ein in der Mitte der Laufschaufelspannweite gelegenes Gebiet 38 und ein Spitzengebiet 40. Die Laufschaufeln 34 erstrecken sich von der Rotorscheibe 33 nach außen durch die Arbeitsmediumströmungswege bis in die Nähe der Statorbaugruppe 28.

Fig. 2 ist eine vergrößerte Schnittansicht der Statorbaugruppe 28 und zeigt das Fanggehäuse 30 und eine der Laufschaufeln 34, von der Teile weggebrochen worden sind. Jede Laufschaufel 34 ist mit radialem Abstand von dem Fanggehäuse 30 angeordnet, so daß zwischen ihnen ein Spalt G verbleibt. Das Fanggehäuse 30 außerhalb der

Laufschaufel 34 besteht aus einem Reibstreifen 42, einem Gewebe 44 und einer Tragvorrichtung 46 für den Reibstreifen und das Gewebe. Die Tragvorrichtung 46 und das Gewebe 44 bilden eine sich umfangsmäßig erstreckende Vorrichtung 47 zum Auffangen von Teilchen, die eine axiale und eine radiale Geschwindigkeitskomponente haben. Eine solche Auffangvorrichtung wird oft auch als "Schutzgehäuse" bezeichnet. Der Ausdruck "Tragvorrichtung" beinhaltet, ohne darauf beschränkt zu sein, Gebilde geringen Gewichts, wie beispielsweise ein Wabengebilde oder das gezeigte Gebilde, und schwerere Gebilde, wie beispielsweise massive Metallgehäuse.

Das Gewebe 44 erstreckt sich umfangsmäßig und unter Zugspannung um die Tragvorrichtung 46, so daß die Einbaulänge des Gewebes größer ist als die freie Länge des Gewebes, d. h. in der aus Gewebewicklungen bestehenden Bandage eine Vorspannung vorhanden ist. Der Ausdruck "Gewebe" beinhaltet gewebtes oder gewirktes Bandmaterial od. dgl. und kann aus organischem oder anorganischem Material bestehen. Ein zufriedenstellendes Gewebe besteht aus einem Garn aus aromatischen Polyamidfasern (z. B. Kevlar 29). Das Garn hat eine Feinheit von 1500 Denier. Das Garn wird mit einem 24 Strang mal 24 Strang-Würfelbindungsmuster zu einem Gewebe verwebt, das feste Kanten hat.

Fig. 3 ist eine graphische Darstellung der Dehnung pro Länge eines Gewebes aus aromatischen Polyamidfasern die aus einer Kraft resultiert, welche in der Dehnungsrichtung wirkt. Die vertikale Achse des Diagramms ist die Gesamtkraft, die auf das Gewebe ausgeübt wird, dividiert durch die Breite des Gewebes in Metern. Die horizontale Achse gibt die (hier als Dehnungsverhältnis bezeichnete) Größe an, die sich ergibt, wenn die sich aus der Kraftbeaufschlagung ergebende Gesamtdehnung durch die freie Länge des Gewebes vor der Dehnung dividiert wird. Die Steigung der Kurve ist in jedem Punkt längs der Kurve eine Proportionalitätskonstante zwischen der Kraft pro Breitereinheit und der Dehnung pro Längeneinheit des Gewebes. Die Proportionalitätskonstante wird als Federkonstante des Gewebes bezeichnet. Die Federkonstante ist als das Verhältnis der Kraft pro Dehnungseinheit definiert und kann in Newton pro Meter oder in Dyn pro Zentimeter ausgedrückt werden. Die Linie A, die Linie B und die Linie C, die in Fig. 3 gezeigt sind, sind Näherungen von drei Federkonstanten des Gewebes, die über einem Ausbiegungsbereich fast linear sind.

Fig. 4 zeigt ein Diagramm, in welchem die technische Spannung in dem Gewebe über dem technischen Dehnungsverhältnis des Gewebes aufgetragen ist. Die Fläche unter der Kurve ist ein Maß für die Größe der Arbeit pro Volumeneinheit des Gewebes, die an dem Gewebe ausgeführt werden kann, ohne daß dieses reißt, und zwar unter Vernachlässigung von Reibungskräften und adiabatischer Erwärmung des Gewebes.

Fig. 5 zeigt ein Diagramm, in welchem die Ausbiegung eines Gewebes aus aromatischen Polyamidfasern, die aus einem Stoß gegen das Gewebe durch ein Projektil, das nur eine radiale Geschwindigkeit hat, resultiert, über der Vorspannung des Gewebes im eingebauten Zustand aufgetragen ist. Fünfzehn Wicklungen des Gewebes, die sich umfangsmäßig um eine Tragvorrichtung mit einem Durchmesser von 508 mm erstreckten, wurden von einem Projektil von 7 g getroffen. Versuche zeigten, daß, wenn die Vorspannung des Gewebes (und damit die Zugspannung) vergrößert wurde, das Ausmaß an Ausbiegung des Gewebes verringert wurde.

Fig. 6 ist eine graphische Darstellung der Fähigkeit von vorgespannten Gewebewicklungen, ein Projektil von 7 g aufzufangen. Die Geschwindigkeit der aufgefangenen und der nichtaufgefangenen Projektilen ist in Abhängigkeit von der Vorspannung (und damit der Zugspannung) des Gewebes im eingebauten Zustand aufgetragen. Ebenso wie in dem Fall von Fig. 5 traf das Projektil auf fünfzehn Gewebewicklungen auf, die sich umfangsmäßig um eine Tragvorrichtung mit einem Durchmesser von etwa 508 mm erstreckten. Größere Vorspannungen des Gewebes verringerten die Geschwindigkeit, bei der das Projektil aufgefangen wurde. Die Kurve A ist die niedrigste Geschwindigkeit von nichtaufgefangenen Projektilen. Die Kurve B ist die höchste Geschwindigkeit von aufgefangenen Projektilen.

Gemäß Fig. 2 ist die Tragvorrichtung 46 ein hohler Träger, der einen ersten Flansch 48, einen zweiten Flansch 50, eine erste Wand in Form eines inneren Bleches 52 und eine zweite Wand in Form eines äußeren Bleches 54 hat. Mehrere Versteifungen 55 mit C-förmigem Querschnitt erstrecken sich zwischen dem äußeren Blech 54 und dem inneren Blech 52 des hohlen Trägers. Jede im Querschnitt C-förmige Versteifung hat einen Steg 56, die sich radial zwischen den Blechen 52, 54 erstreckt, einen inneren Schenkel 58 und einen äußeren Schenkel 60. Der innere Schenkel 58 ist in radialem Abstand von dem äußeren Schenkel 60 angeordnet und liegt diesem radial gegenüber, so daß eine zu der Symmetrieachse der Versteifung 55 rechtwinklige radiale Linie durch beide Schenkel 58, 60 hindurchgeht. Die Schenkel 58 und 60 erstrecken sich in axialer Richtung von dem ersten Flansch 48 weg zu dem zweiten Flansch 50. Über die Schenkel 58, 60 sind die Versteifungen 55 mit den Blechen 52, 54 in Berührung und stützen diese ab. Der innere Schenkel 58 oder der äußere Schenkel 60 kann zylindrisch oder kegelstumpfförmig sein, so daß er der Form des angrenzenden Bleches angepaßt ist. Das innere Blech 52 hat einen ersten Rand 62, über den das Blech mit dem ersten Flansch 48 verbindbar ist, und einen zweiten Rand 64, über den das Blech mit dem zweiten Flansch 50 verbindbar ist. Das äußere Blech 54 hat einen ersten Rand 66, über den es mit dem ersten Flansch 48 verbindbar ist, und einen zweiten Rand 68, über den es mit dem zweiten Flansch 50 verbindbar ist.

Fig. 7 zeigt eine auseinandergezogene Darstellung der Tragvorrichtung 46 nach Fig. 2 und ein Verfahren zum Herstellen der Tragvorrichtung. Das innere Blech 52 wird aus zwei Blechen hergestellt, die jeweils Enden haben, welche stumpf verschweißt werden, so daß ein kegelstumpfförmiger Ring 70 und ein zylindrischer Ring 72 gebildet werden. Die Ringe werden stumpf zu dem einzelnen inneren Blech 52 verschweißt, das dadurch einen kegelstumpfförmigen Teil, der in einen zylindrischen Teil übergeht, erhält. Das äußere Blech 54 wird aus zwei Blechen hergestellt, die Enden haben, welche stumpf verschweißt werden, so daß ein erster zylindrischer Ring und ein zweiter zylindrischer Ring mit größerem Durchmesser als der größte Durchmesser des inneren Bleches 52 gebildet werden. Die Ringe werden zu einem einzelnen zylindrischen Blech stumpf verschweißt. Der nächste Schritt beim Zusammenbauen der Tragvorrichtung 46 ist der Schritt des Befestigens einer endseitigen (einem Rand am nächsten befindlichen), im Querschnitt C-förmigen Versteifung 55 an dem inneren Blech 52 und dem äußeren Blech 54. Die Versteifung 55 ist so gerichtet, daß die Schenkel 58, 60 dem anderen Rand der Bleche zugewandt sind. Ein zufriedenstellendes Verfahren zum Befestigen der im

Querschnitt C-förmigen Versteifung 55 an den Blechen 52, 54 besteht darin, die Bleche durch Widerstandspunktschweißung mit den Schenkeln 58, 60 der Versteifung zu verschweißen. Diese Punktschweißungen halten die Bleche 52, 54 mit Bezug auf die im Querschnitt C-förmige Versteifung 55 während des Zusammenbauvorganges fest und verbinden die Versteifung 55 nicht dauerhaft mit den Blechen 52, 54. Bei einem anderen Verfahren könnte die im Querschnitt C-förmige Versteifung 55 mit den Blechen 52, 54 durch eine kontinuierliche Schweißung an dieser Stelle bei dem Zusammenbauvorgang dauerhaft verbunden werden, beispielsweise durch Verschweißen der Teile mit einem Lichtbogenschweißapparat, einem Widerstandsschweißapparat oder einem Autogenschweißapparat. Wegen der Ausrichtung der Schenkel 58, 60 können beide Schweißungen gleichzeitig mit einem Schweißapparat, wie beispielsweise einem Widerstandsschweißapparat, hergestellt werden. Nach dem Anschweißen der Versteifung 55 können beide Schweißungen überprüft werden.

Nach dem Punktverschweißen der ersten im Querschnitt C-förmigen Versteifung 55 mit dem inneren Blech 52 und dem äußeren Blech 54 wird die benachbarte, im Querschnitt C-förmige Versteifung 55 an den stromabwärtigen Rändern 64, 68 der Bleche vorbei in die Stellung zwischen den Blechen geschoben. Weil der innere Schenkel 58 der Versteifung 55 dieselbe Kegelstumpfform wie der kegelstumpfförmige Teil des inneren Bleches 52 hat, hält sich die Versteifung axial in bezug auf das innere Blech 52 selbst. Die zweite im Querschnitt C-förmige Versteifung 55 wird an den Blechen befestigt, beispielsweise durch Widerstandspunktschweißung, um die zweite Versteifung 55 während des Zusammenbauvorganges festzuhalten. Auf gleiche Weise werden die übrigen Versteifungen 55 mit den Blechen 52, 54 verschweißt. Ein besonderer Vorteil dieses Zusammenbauverfahrens ist, daß es eine Überprüfung jeder Widerstandspunktschweißung gestattet, wenn jede Versteifung 55 eingeführt und punktgeschweißt wird. Die Überprüfung gewährleistet, daß die Schenkel 58, 60 der Versteifung 55 in Anlage an dem inneren und dem äußeren Blech sind.

Die Unterbaugruppe, die das innere Blech 52, das äußere Blech 54 und die im Querschnitt C-förmigen Versteifungen 55 umfaßt, wird an einer zweiten Spannvorrichtung befestigt, um sicherzustellen, daß die Tragvorrichtung 46 die richtige Konzentrität und den richtigen Durchmesser hat. Die eingespannte Unterbaugruppe wird in einer Elektronenstrahlschweißkammer befestigt. Ein Schweißschutz 74 wird einwärts von dem inneren Blech 52 befestigt. Ein Elektronenstrahlschweißapparat 76 wird radial außerhalb von dem äußeren Blech 54 angeordnet und in eine Linie mit den Schenkeln 58, 60 einer im Querschnitt C-förmigen Versteifung 55 gebracht, so daß der Elektronenstrahl in einer radialen Linie sowohl durch den inneren Schenkel 58 als auch durch den äußeren Schenkel 60 hindurchgeht. Die Tragvorrichtung 46 wird, ausgerichtet mit dem Elektronenstrahl, gedreht, und der Elektronenstrahl geht durch das äußere Blech 54, den äußeren Schenkel 60, den inneren Schenkel 58 und das innere Blech 52 hindurch und trifft auf den Schweißschutz 74 auf. Der Elektronenstrahl verbindet die im Querschnitt C-förmige Versteifung 55 dauerhaft mit dem inneren und dem äußeren Blech, indem er einen Schmelzvorgang zwischen den Schenkeln der Versteifung und dem inneren und dem äußeren Blech verursacht. Auf gleiche Weise

werden die übrigen im Querschnitt C-förmigen Versteifungen 55 mit dem inneren und dem äußeren Blech verbunden. Die Innenseite des inneren Bleches 52 wird inspiziert, um festzustellen, ob eine Verschweißung stattgefunden hat, damit sichergestellt ist, daß der Elektronenstrahl ganz hindurchgegangen und bis in das Innere der Tragvorrichtung 46 gelangt ist. Diese Überprüfung stellt sicher, daß eine Schweißung zwischen dem inneren Blech 52 und dem inneren Schenkel 58 sowie zwischen dem äußeren Blech 54 und dem äußeren Schenkel 60 vorhanden ist. Nach der Überprüfung werden der erste Flansch 48 und der zweite Flansch 50 mit den Blechen durch Schmelzschweißen in einem Helium-Schutzgas-Schweißprozeß verbunden.

Fig. 8 zeigt eine Maschine 78 zum Herumwickeln des Gewebes 44 um die Tragvorrichtung 46. Die Maschine 78 enthält eine erste Vorrichtung 80 zum Aufbringen des Gewebes 44 auf die Tragvorrichtung 46. Die erste Vorrichtung 80 hat eine Welle 82 und eine Einrichtung 84 zum Drehen der Welle. Die Tragvorrichtung 46 ist auf der Welle 82 befestigt. Eine zweite Vorrichtung 86 zum Zuführen des Gewebes 44 hat eine Welle 88 und eine Einrichtung 90 zum Drehen der Welle. Eine Rolle 92 ist auf der Welle 88 befestigt. Das Gewebe 44 ist auf die Rolle 92 mit einer Vorspannung aufgewickelt, die kleiner ist als die Vorspannung des Gewebes 44 im eingebauten Zustand. Ein Dehnungsmeßgerät 94 an der Welle 88 mißt das Drehmoment, das auf die Welle ausgeübt wird. Die Vorspannung, die sich ergebende Zugspannung in dem Gewebe 44 lassen sich aus dem Drehmoment in der Welle 82 leicht ermitteln. Das Gewebe 44 wird unter Zugspannung von der Rolle 92 aus zugeführt, indem die Rolle um einen Winkel gedreht wird, so daß ein erstes Stück Gewebe von der Rolle abgewickelt wird. Eine Vorspannung (und die zugeordnete Zugspannung) wird auf das Gewebe 44 ausgeübt, indem die Tragvorrichtung 46, die auf der Welle 82 befestigt ist, um einen Winkel gedreht wird, damit ein zweites Stück Gewebe auf die Tragvorrichtung aufgewickelt wird, das größer ist als das erste Stück Gewebe. Durch Hervorrufen einer Dehnung bekannter Größe in der Länge des Gewebes 40 widersetzt sich die Zugspannung in dem Gewebe späteren Ausbiegungen des Gewebes beim Aufprall eines Teilchens mit einer Gewebefederkonstanten, die größer ist als die durch die Linie A in Fig. 3 angenäherte erste Federkonstante. Beispielsweise könnte diese größere Federkonstante näherungsweise gleich der dritten Federkonstanten des Gewebes sein, die durch die Linie C in Fig. 3 dargestellt ist. Die dritte Federkonstante ergibt sich durch Ausüben einer Zugspannung auf das Gewebe im eingebauten Zustand, die gleich der Zugspannung ist, die sich durch Ausüben einer gleichmäßigen Belastung ergibt, welche in einem Bereich von 7880 bis 9632 N pro Meter axialer Breite des Gewebes liegt, wobei die Belastung gleichmäßig über die Breite des Gewebes verteilt ist und tangential auf das Gewebe in der kleinsten Querschnittsfläche einwirkt, die das Gewebe der Belastung darbietet. Beispielsweise wird eine solche Zugspannung in einem Gewebe mit einer Breite von 279,4 mm erzielt, indem eine gleichmäßige Kraft von 2447 N plus oder minus 245 N auf das Gewebe ausgeübt wird. Statt dessen kann die gewählte größere Federkonstante ungefähr gleich der zweiten Federkonstanten des Gewebes sein, die durch die Linie B in Fig. 3 dargestellt ist. Die zweite Federkonstante entspricht einem Gewebe unter einer Zugspannung, die größer oder gleich 1751 N pro Meter axialer Breite ist.

Fig. 8a zeigt ein anderes Verfahren zum Ausüben der Vorspannung auf das Gewebe 44, bei dem wenigstens eine zwischengeschaltete zweite Rolle 92 benutzt wird. Beispielsweise kann die zweite Rolle 92, die leer ist, d. h. kein Gewebe trägt, auf der Welle 82 der ersten Vorrichtung 80 statt der Tragvorrichtung 46 befestigt werden. Die zweite Rolle 92 empfängt Gewebe von der ersten Rolle 92 mit einer Zugspannung, die kleiner ist als die Zugspannung, die das Gewebe im eingebauten Zustand hat. Das Herumwickeln des Gewebes mit einer kleineren Vorspannung als beispielsweise 2447 N erleichtert die Kontrolle der Zugspannung in dem Gewebe während des Wickelvorganges und führt zu einer Vergrößerung der Dehnung des Gewebes in einem inkrementellen Ausmaß, das kleiner ist als die Dehnung des Gewebes im eingebauten Zustand. Nach dem Umwickeln der zweiten Rolle 92 kann diese zu der Welle 88 der zweiten Vorrichtung 86 verschoben werden, um das Gewebe 44 einer neuen zweiten Rolle 92 zuzuführen, die auf der Welle 82 der ersten Rolle befestigt ist. Dieser Vorgang kann wiederholt werden, bis das Gewebe auf eine Rolle 92 mit einer Vorspannung (und unter einer zugeordneten Zugspannung) gewickelt ist, die gleich der Zugspannung in dem Gewebe im eingebauten Zustand ist. Das Gewebe kann dann ohne weitere Dehnung in sich auf die Tragvorrichtung 46 gewickelt werden.

Das Bewickeln der Tragvorrichtung 46 beginnt, indem das Gewebe 44 an der Tragvorrichtung mit einem Klebband festgeklebt oder anderweitig festgelegt wird und indem 180° der ersten Wicklung ohne Kraftausübung auf das Gewebe (Zugspannung null) von Hand gelegt werden. Die übrigen 180° der ersten Wicklung werden aufgebracht und, wenn diese zweite Hälfte der ersten Wicklung aufgebracht wird, wird die Zugspannung in dem Gewebe vergrößert, indem die Kraft von 0 N auf 8750 N plus oder minus 876 N pro Meter Breite des Gewebes erhöht wird. Gewebe unter einer solchen Vorspannung dehnt sich um ungefähr 5% der freien Länge des Gewebes. Die Zugspannung wird innerhalb dieser Grenzen aufrechterhalten, und weitere achtunddreißig Wicklungen werden auf das Gehäuse aufgebracht. Die letzte Schutzwicklung (die neununddreißigste Wicklung) wird auf die vorhergehende Schutzwicklung (die achtunddreißigste Wicklung) aufgebracht. Die Reibungskraft zwischen sämtlichen Gewebewicklungen ist so, daß das Freilassen der neununddreißigsten Wicklung zu einem geringfügigen Abwickeln und zu einem Aufheben der Zugspannung nur in den äußersten Schichten des Gewebes führen würde. Das Aufheben der Zugspannung in der äußersten Schicht wird vermieden, indem das Gewebe gegen Aufwickeln gesichert wird. Eine Methode zum Verhindern des Aufwickelns des Gewebes beinhaltet den Schritt, einen Teil des Gewebes an einer Bewegung bezüglich eines zweiten Teils des Gewebes zu hindern, beispielsweise durch Verkleben eines Teils des Gewebes mit einem zweiten Teil des Gewebes. Beispielsweise wird die letzte Schutzwicklung (die neununddreißigste Wicklung) am Aufwickeln gehindert, indem die nach außen weisende Fläche der achtunddreißigsten Wicklung mit der nach innen weisenden Fläche der neununddreißigsten Wicklung verklebt wird. Das Verkleben erfolgt durch Aufbringen eines Klebstoffes auf Kautschukbasis auf einen Teil einer der Flächen, durch Pressen der mit Klebstoff bedeckten Fläche gegen die ihr zugewandte Fläche und durch Hindern des Gewebes an einer Bewegung, bis der Klebstoff härtet. Ein zufriedenstellender Klebstoff auf Kautschukbasis ist eine Silikonkautschukverbindung. Dieser be-

sondere Klebstoff härtet bei Raumtemperatur.

Die Gondel 12 schützt das Äußere der aus Gewebewicklungen bestehenden Bandage vor Beschädigung im eingebauten Zustand. Eine zusätzliche Wicklung (vierzigste Wicklung) wird unter Zugspannung über die vorhergehende Wicklung (die neununddreißigste Wicklung) aufgebracht. Ein zweiter Schutz 95 wird geschaffen, indem ein Überzug aus Epoxidharz auf die Außenseite der Bandage aufgebracht wird. Das Verfahren zum Herstellen des zweiten Schutzes 95 beinhaltet den Schritt, einen ersten Überzug aus Epoxidharz zwischen dem Anfang einer einundvierzigsten Wicklung und dem Anfang der vierzigsten Wicklung und auf die Außenfläche der Bandage aufzubringen. Das Epoxidharz hat eine Viskosität während des Aufbringens, die in dem Bereich von 10 bis 16 Pa · s liegt. Das Gewebe 44 wird unter Zugspannung gehalten, bis das Epoxidharz härtet. Der erste Epoxidharzüberzug dringt nicht in die neununddreißigste Wicklung ein, weil die auf das Gewebe 44 ausgeübte Zugspannung bewirkt, daß sich die Fäden des Gewebes fest gegeneinanderpressen und das Eindringen des Harzes in das Gewebe verhindern. Die hohe Viskosität des Epoxidharzes des ersten Überzugs verzögert das Eindringen des Harzes in das Gewebe 44, wenn das Harz härtet. Wenn das Harz härtet, erzeugt das Harz außerdem Wärme, die die Geschwindigkeit vergrößert, mit der das Harz härtet. Das Verfahren zum Herstellen eines Schutzes beinhaltet den zusätzlichen Schritt, einen zweiten Epoxidharzüberzug auf den ersten Epoxidharzüberzug aufzubringen, wobei der zweite Überzug eine zweite Viskosität während des Aufbringens in dem Bereich von 0,5 bis 0,7 Pa · s hat. Der zweite Epoxidharzüberzug kann nicht den ersten Epoxidharzüberzug durchdringen, weil der erste Epoxidharzüberzug gehärtet ist und einen Schutz gegen das Eindringen bildet. Außer auf die äußere Fläche der Bandage kann das Epoxidharz zusätzlich auch auf die Kanten der Bandage aufgebracht werden.

Fig. 9 zeigt eine andere Ausführungsform 96 einer Maschine 78 zum Herumwickeln des Gewebes 44 um die Tragvorrichtung 46. Die Maschine 78 hat eine erste Vorrichtung 98 zum Aufbringen des Gewebes 44 auf die Tragvorrichtung 46. Die erste Vorrichtung 98 hat eine Welle 100 und eine Einrichtung 102 zum Drehen der Welle. Eine zweite Vorrichtung 104 zum Zuführen des Gewebes 44 enthält eine Welle 106 und eine Einrichtung 108 zum schrittweisen Drehen der Welle. Die Rolle 92 mit Gewebe ist auf der Welle 106 befestigt. Eine erste Rolle 110 und eine zweite Rolle 112 führen das Gewebe und sind an einem Halter (nicht dargestellt) befestigt. Das Gewebe 44 hat eine nach innen weisende Fläche 113 und eine nach außen weisende Fläche 114.

Eine dritte Rolle 116 ist in Rollberührung mit der nach außen weisenden Fläche 114 des Gewebes 44. Zwei Stangen 118 erstrecken sich von der dritten Rolle 116 nach unten. Ein Brett 120 ist an den Stangen 118 befestigt. Ein Gewicht 122 liegt auf dem Brett 120, um die dritte Rolle 116 belasten und über die dritte Rolle eine Vorspannung auf das Gewebe 44 auszuüben. Während des Schrittes des Wickelns des Gewebes 44 um die Tragvorrichtung 46 des Fanghäuses 30 wird das Gewebe von der ersten Rolle 92 zugeführt und von der Tragvorrichtung 46 aufgenommen. Das Brett 120 das über die dritte Rolle 116 an dem Gewebe 44 aufgehängt ist, übt eine vorbestimmte, nach unten gerichtete Kraft auf das Gewebe aus, obgleich sich die Höhe der dritten Rolle 116 über einer Bezugsebene verändern kann, wenn sich das Gewebe um die dritte Rolle bewegt. Das

Verfahren des Umwickelns der Tragvorrichtung 46 geht im übrigen auf gleiche Weise wie das Verfahren des Umwickelns der Tragvorrichtung 46 mit der Maschine 78 weiter.

Fig. 9a zeigt ein weiteres Verfahren zum Ausüben einer Vorspannung auf das Gewebe 44 unter Verwendung wenigstens einer Zwischenrolle 92 und der in Fig. 9 gezeigten Vorrichtung 96.

Im Betrieb des Triebwerks 10 dreht sich die Rotorbaugruppe 26, die in Fig. 2 gezeigt ist, um die Drehachse  $A_r$  mit Drehzahlen von bis zu 4000 U/min. Wenn sich die Rotorbaugruppe 26 dreht, übt die Rotorscheibe 33 eine Zentripetalkraft auf das Wurzelgebiet 36 aus, was zur Folge hat, daß die Laufschaufel 34 einem kreisförmigen Weg um die Drehachse  $A_r$  der Rotorbaugruppe folgt. Ein Schlag auf die Laufschaufel 34 durch einen Fremdkörper kann bewirken, daß die Laufschaufel in dem Wurzelgebiet 36 bricht. Die folgende Beschreibung veranschaulicht eine typische Wechselwirkung zwischen der Laufschaufel 34, der Tragvorrichtung 46 und der Bandage bei einem solchen Versagen der Laufschaufel. Diese Beschreibung ist keine erschöpfende Beschreibung sämtlicher möglichen Wechselwirkungen zwischen den einzelnen Teilen bei einem Schaufelversagen. Beim Versagen bricht die Laufschaufel 34 im Wurzelgebiet 36 und bewegt sich radial nach außen durch den Spalt G (zwischen dem Spitzengebiet 40 und dem Reibstreifen 42), trifft auf den Reibstreifen und zerfällt in Bruchstücke. Typisch bricht das Spitzengebiet 40 der Laufschaufel 34 von dieser ab und läßt das Wurzelgebiet 36 und das in der Mitte der Spannweite gelegene Gebiet 38 der Laufschaufel hinter sich. Die Bruchstücke des Spitzengebietes 40 bewegen sich mit einer relativ hohen Axialgeschwindigkeit vorwärts, und zwar wegen der Form des Strömungsweges und wegen der Druckdifferenz, die zwischen der Vorderkante und der Hinterkante der Laufschaufel 34 vorhanden ist. Das mittlere Gebiet 38 und das Wurzelgebiet 36 der Laufschaufel 34 bilden einen zweiten Teil 124, der sich radial nach außen über die radiale Strecke, die von dem Spitzengebiet 40 eingenommen wird und über den Spalt G bewegt, um auf den Reibstreifen 42 aufzutreffen. Der zweite Teil 124 der Laufschaufel 34 ist größer und hat mehr Energie als das Spitzengebiet 40 der Laufschaufel 34.

Gemäß der Darstellung in Fig. 10 ermöglichen die Energie und die Stärke des zweiten Teils 124 der Laufschaufel 34, daß der zweite Teil 124 der Laufschaufel den Reibstreifen 42 und die Tragvorrichtung 46 durchdringt, ohne daß dabei dieser Laufschaufelteil zerschmettert wird, und auf die Bandage aus dem Gewebe 44 auftrifft. Die Bandage hält die Auswärtsbewegung des zweiten Teils 124 der Laufschaufel 34 auf und verringert die Auswärtsgeschwindigkeit der Laufschaufel.

Wenn sich der zweite Teil 124 der Laufschaufel 34 nach außen bewegt, wird er von hinten durch die benachbarte (folgende) Laufschaufel getroffen. Die folgende Laufschaufel dreht das Wurzelgebiet 36 der Laufschaufel nach außen und das mittlere Gebiet 38 nach innen und treibt den zweiten Teil 124 der Laufschaufel um den Umfang der Tragvorrichtung 46, wobei ein Loch in die Tragvorrichtung geschlitzt wird. Der zweite Teil 124 der Laufschaufel hat eine axiale rückwärtige Geschwindigkeitskomponente  $V_a$ , weil auf ihn die folgende Laufschaufel aufprallt und wegen dieser Berührung und der Drehenergie der Laufschaufel; der zweite Teil 124 der Laufschaufel hat außerdem eine radiale auswärtige Geschwindigkeitskomponente  $V_r$  und eine tangential Geschwindigkeitskomponente  $V_t$  in Umfangsrichtung.

Gemäß der Darstellung in Fig. 11 hat der zweite Teil 124 der Laufschaufel die Tragvorrichtung 46 durchdrungen und ist gegen die Bandage aus dem Gewebe 44 geprellt, was bewirkt hat, daß die Bandage um eine Strecke D von der Tragvorrichtung nach außen gebogen worden ist.

Fig. 12 ist eine Seitenansicht nach der Linie 12-12 der schematischen Darstellung in Fig. 11. Fig. 12a ist eine perspektivische Ansicht der Rotorbaugruppe 26, des zweiten Teils 124 der Laufschaufel 34, der Tragvorrichtung 46 und der Bandage. Wenn der zweite Teil 124 der Laufschaufel 34 auf die Bandage auftrifft und bewirkt, daß die Bandage nach außen gebogen wird, öffnet sich ein Durchlaß 126 für die Laufschaufel in axialer Richtung. Gemäß Fig. 3 bewirkt die Vorspannung, daß die Gewebewicklungen der Bandage eine größere radiale Kraft während einer inkrementellen Ausbiegung ausüben als durch nicht unter Zugspannung stehende Gewebewicklungen während derselben Ausbiegung ausgeübt würde. Die Vorspannung vergrößert außerdem das Ausmaß an Arbeit, das pro Einheit der Längung des Gewebes 44 aufgebracht werden muß, wie es die Fläche unter der Spannungs-Dehnungs-Kurve in Fig. 4 zeigt. Die Ausbiegung oder Ablenkung der Bandage weg von der Tragvorrichtung 46 pro absorbierte Energieeinheit wird im Vergleich zu lose herumgewickelter Gewebe verringert.

Experimente an ballistischen Modellen zeigen, daß eine Bandage aus Gewebewicklungen, die nicht unter Zugspannung steht, beim Aufprall eines Teilchens um eine Strecke D von 190,5 mm von einer Tragvorrichtung 46, die einen Durchmesser von 2032 mm hat, weggebogen wird. Diese Versuche zeigen, daß das Vorspannen der Bandage mit einer Vorspannung von 8756 N plus oder minus 876 N pro Meter axialer Breite die Ausbiegung D der Bandage von 190,5 mm auf 88,9 mm verringern wird.

Nach der maximalen Ausbiegung der Bandage bewegt sich das vorgespannte Gewebe nach innen. Der Durchlaß 126 schließt sich, bevor die axiale Geschwindigkeitskomponente des zweiten Teils 124 der Laufschaufel bewirkt, daß sich die Laufschaufel von unterhalb der Bandage her durch den Durchlaß 126 hinausbewegt.

Gemäß den Fig. 13 und 14 beginnt die Bandage zu der Tragvorrichtung 46 hin um das Laufschaufelbruchstück herum zurückzuschwellen, wobei das Bruchstück zwischen der Tragvorrichtung und der Bandage eingeschlossen wird.

Gemäß Fig. 15, die eine verkleinerte Draufsicht zeigt, begrenzt die Vorspannung (und die zugeordnete Zugspannung) in der Bandage außerdem die Ausbiegung der Bandage in axialer Richtung, was bewirkt, daß sich die Bandage axial um eine kleine Strecke A<sub>1</sub> im Vergleich zu der Strecke A<sub>2</sub> zurückbewegt, die eine nicht unter Zugspannung stehende Bandage (als gestrichelte Linie dargestellt) sich bewegen könnte. Die kleine Ausbiegung der Bandage hält die Bandage über dem Loch in der Tragvorrichtung 46 und verhindert, daß die Gondel 12 zusätzlichen Fanlaufschaufelbruchstücken von anderen beschädigten Fanlaufschaufeln ausgesetzt wird, die sonst durch die Tragvorrichtung 46 hindurch- und an der verschobenen Bandage vorbeigehen könnten.

Durch die Ausbiegung der Bandage wird der Epoxidharzschutz, der das Gewebe 44 vor den Elementen schützt, zertrümmert. Die Klebstoffverbindung zwischen der achtunddreißigsten Wicklung und der neun-

unddreißigsten Wicklung wird durch die maximale Ausbiegung der Bandage nicht zerstört, weil die Verbindung mit Klebstoff auf Kautschukbasis zwischen den letzten beiden Gewebewicklungen der Bandage die Wicklungen flexibel aneinander festhält. Die Bandage wickelt sich nicht auf, und in den aus dem Gewebe 44 gebildeten Wicklungen kommt es zu keinem Zugspannungsverlust.

## Patentansprüche

1. Verfahren zum Herstellen einer sich umfangsmäßig erstreckenden Auffangvorrichtung zum Auffangen von Teilchen, die axiale und radiale Geschwindigkeitskomponenten haben, wobei um eine Tragvorrichtung, z. B. ein Gehäuse, zum Tragen und Positionieren eines Gewebes das Gewebe in mehreren übereinanderliegenden Lagen herumgewickelt wird, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Gewebe unter Zugspannung um die Tragvorrichtung herumgewickelt und so in der aus Gewebewicklungen bestehenden Bandage eine Vorspannung erzeugt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Gewebe vor dem Herumwickeln um die Tragvorrichtung unter Zugspannung gesetzt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Gewebe bis zu einer Dehnung von wenigstens 5% der freien Länge des Gewebes unter Zugspannung gesetzt wird.

4. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß das Gewebe von einer Rolle abgewickelt und dabei eine im Gewebe vorhandene Zugspannung beim Herumwickeln um die Tragvorrichtung aufrechterhalten oder vergrößert wird.

5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die im Gewebe auf der Rolle vorhandene Zugspannung mittels schrittweiser Erhöhung der Zugspannung durch Umspulen des Gewebes von einer Rolle auf eine andere erzeugt wird.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß das Gewebe unter einer Zugspannung um die Tragvorrichtung herumgewickelt wird, die durch eine Kraft erzeugt wird, welche in einem Bereich von 1751 bis 9632 N pro Meter axialer Breite des Gewebes liegt.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß der Anfang des Gewebes beim Herumwickeln um die Tragvorrichtung in bezug auf die folgende Wickellage festgelegt wird.

8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß beim Herumwickeln des Gewebes um die Tragvorrichtung nach wenigstens einer vollständigen Umwicklung ein Teil der nach außen weisenden Fläche dieser Wickellage mit einem Teil der nach innen weisenden Fläche der folgenden Gewebelage verbunden wird.

9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß das Verbinden mittels eines Klebstoffes auf Kautschukbasis erfolgt.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß das Gewebe unter einer Zugspannung um die Tragvorrichtung herumgewickelt wird, die in einem Bereich von 200,2 N bis 244,7 N pro axialer Länge des Gewebes von 25,4 mm liegt.



11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß auf die Außenseite des herumgewickelten Gewebes ein Epoxidharzüberzug aufgebracht wird.

12. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß als Überzug ein Epoxidharz verwendet wird, dessen Viskosität größer als  $10 \text{ Pa} \cdot \text{s}$  ist.

13. Verfahren nach Anspruch 12, gekennzeichnet durch das Aufbringen eines zweiten Überzugs aus Epoxidharz auf die äußere Fläche des herumgewickelten Gewebes, wobei das für den zweiten Überzug benutzte Epoxidharz eine Viskosität während des Aufbringens hat, die kleiner als die oder gleich der Viskosität des ersten Überzugs gewählt wird.

14. Verfahren nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß das Verhältnis der Viskosität des Epoxidharzes während des Aufbringens des ersten Überzugs zu der Viskosität des zweiten Überzugs während des Aufbringens größer als  $14 : 1$  gewählt wird.

15. Verfahren nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß die Viskosität des ersten Überzugs während des Aufbringens in dem Bereich von 10 bis  $16 \text{ Pa} \cdot \text{s}$  und die Viskosität des zweiten Überzugs während des Aufbringens in dem Bereich von 0,5 bis  $0,7 \text{ Pa} \cdot \text{s}$  gewählt wird.

16. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß auf die Kanten des herumgewickelten Gewebes Epoxidharz aufgebracht wird.

---

Hierzu 7 Seite(n) Zeichnungen

---

35

40

45

50

55

60

65



– Leerseite –

FIG. 1

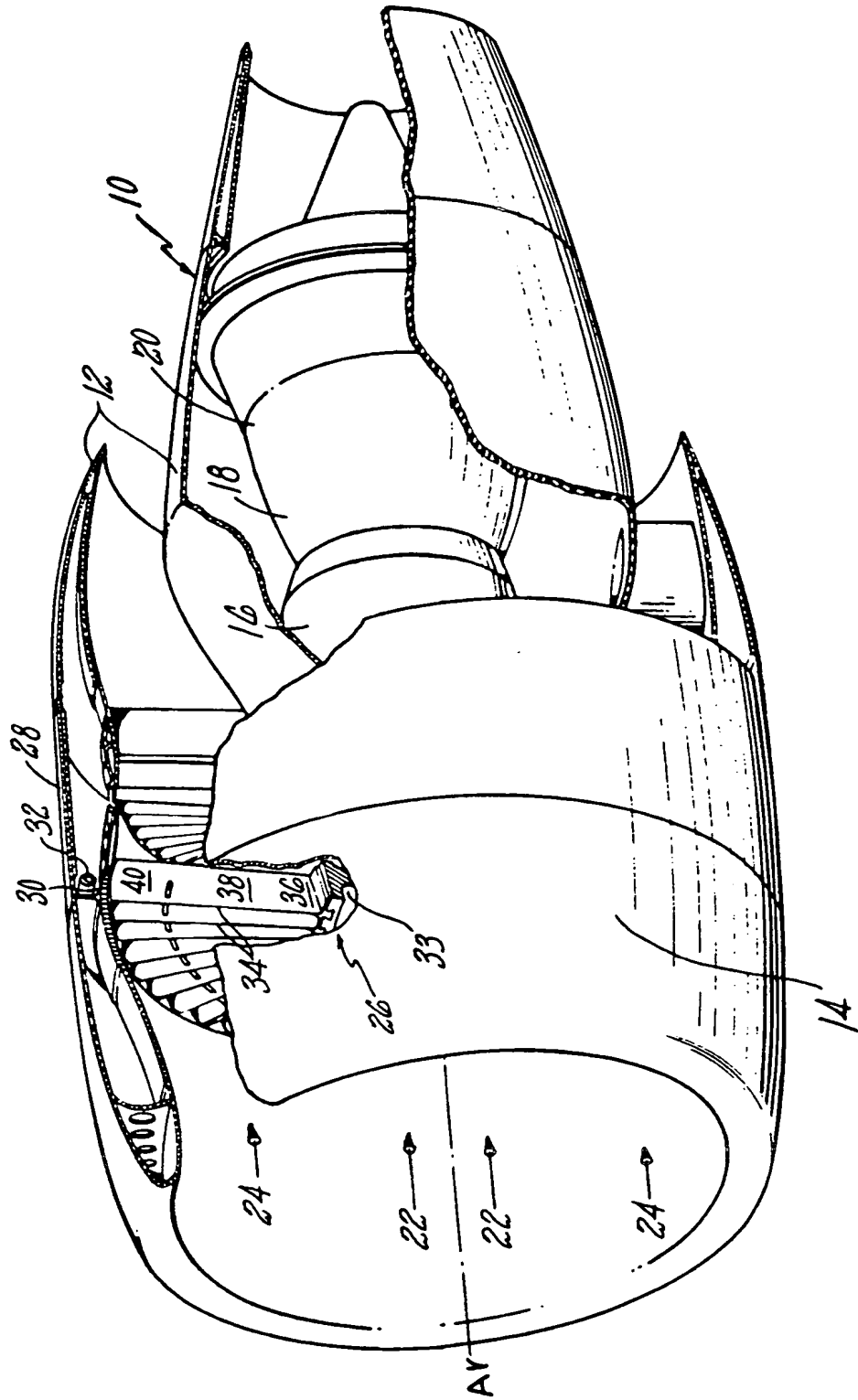
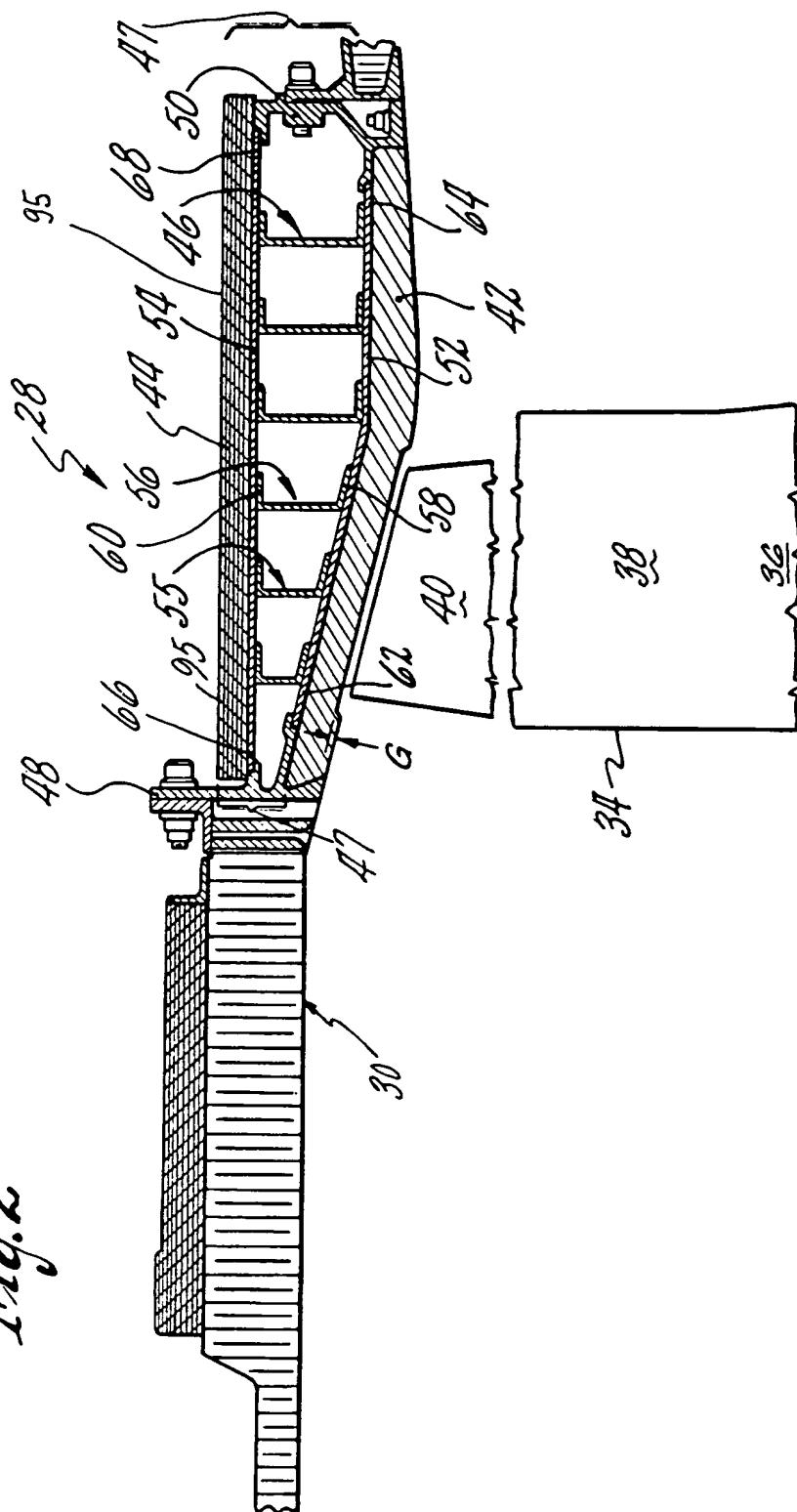


Fig. 2



Ar.

Fig. 3

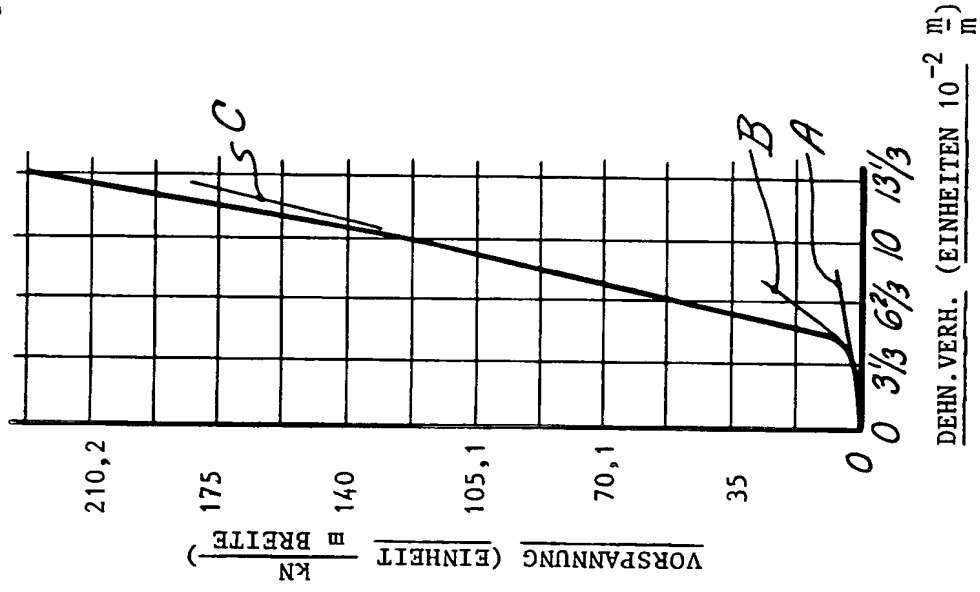


Fig. 4

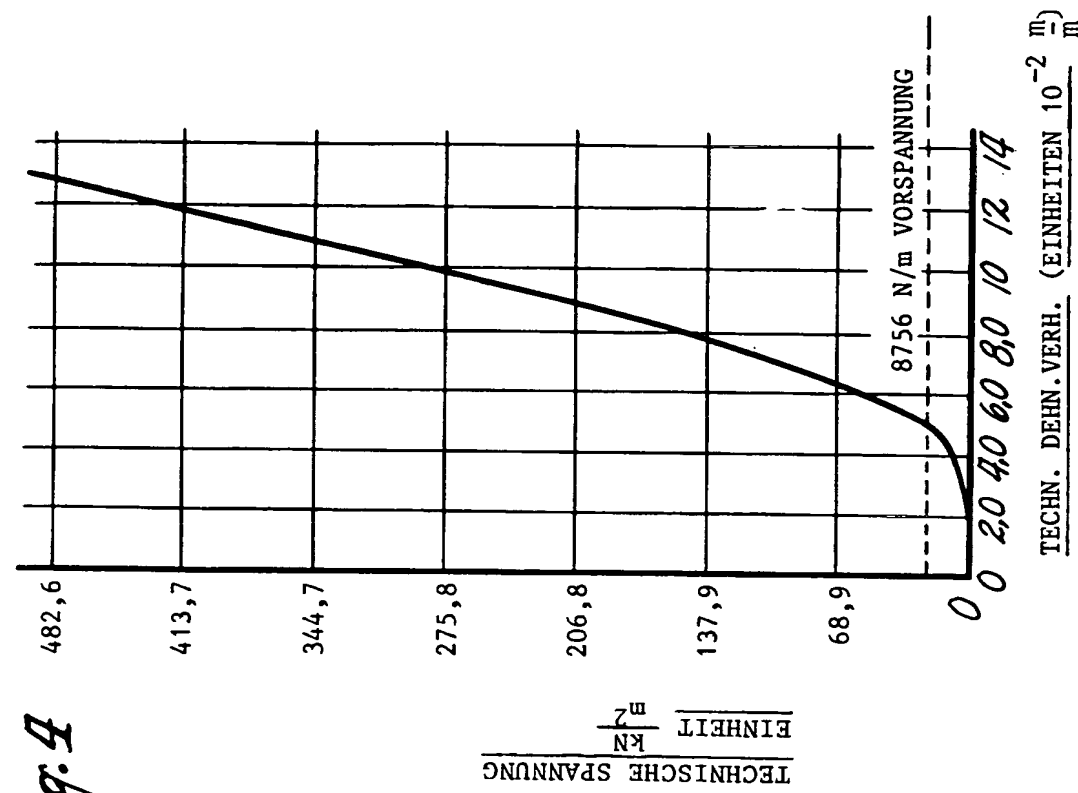


Fig. 5

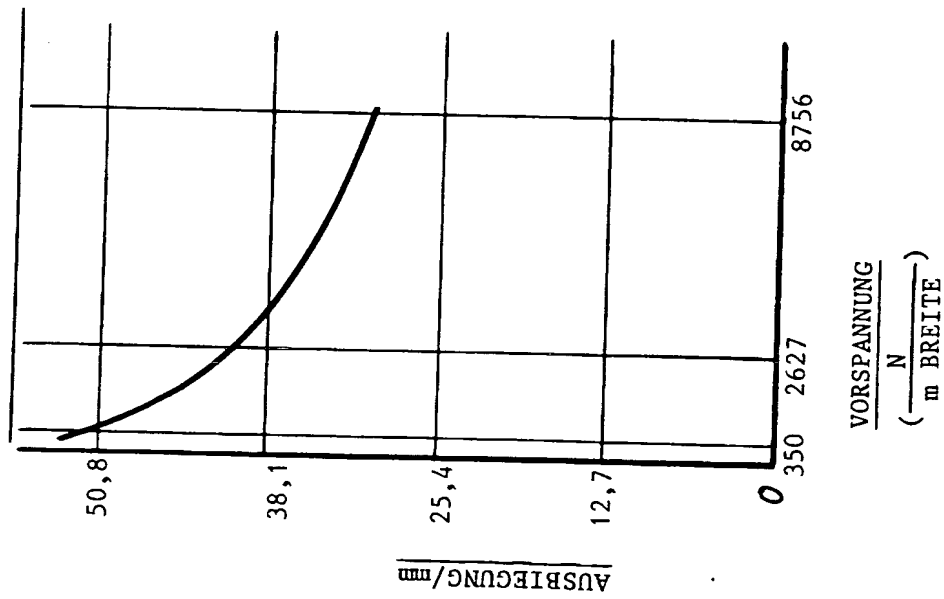
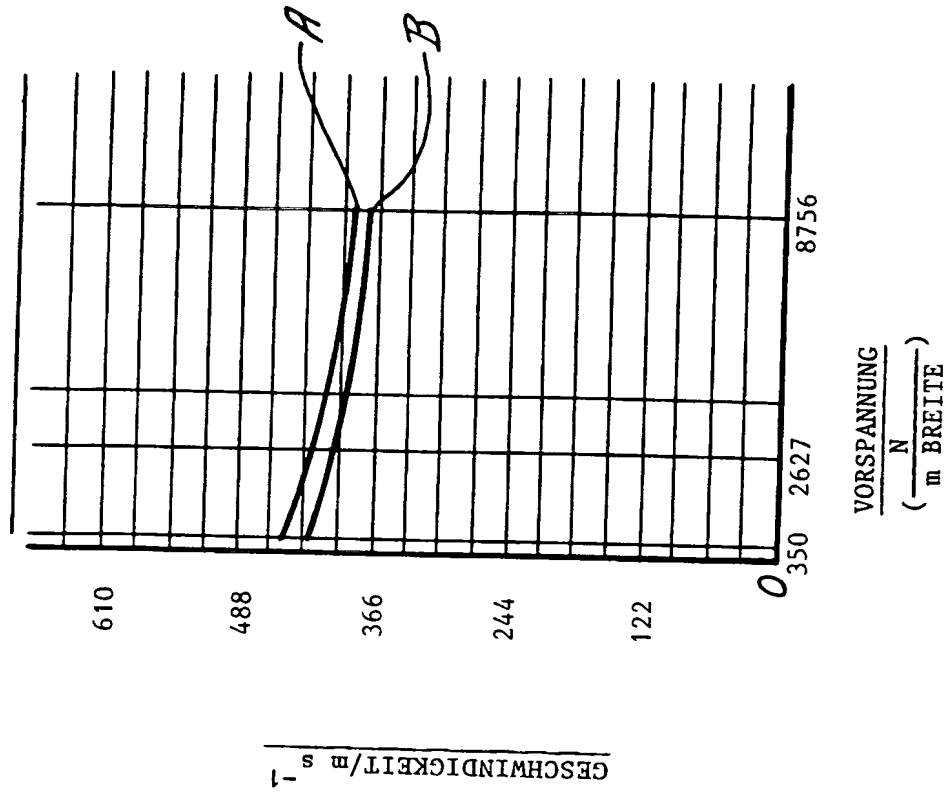
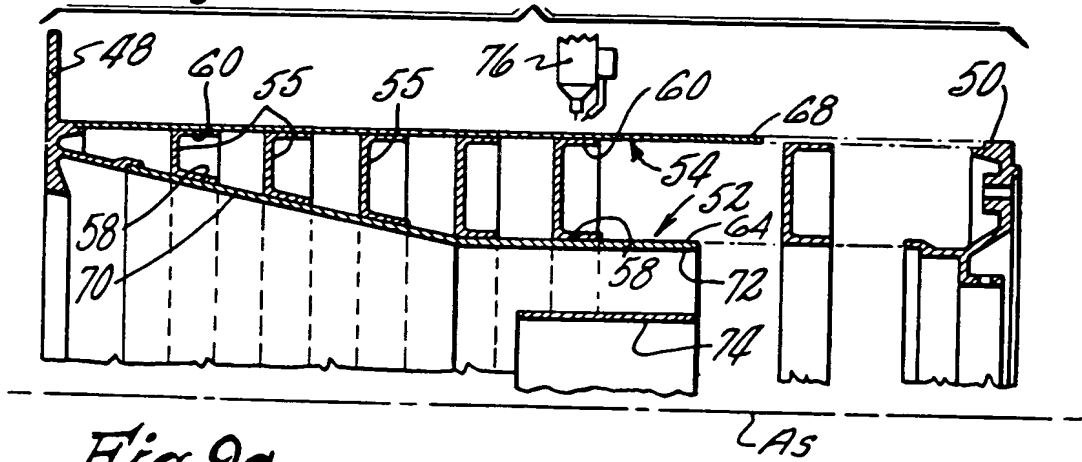


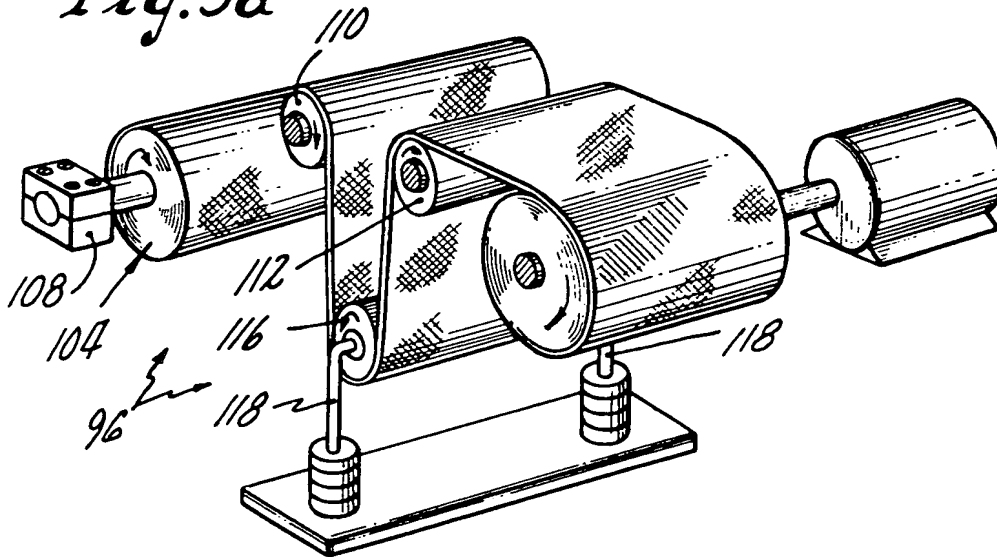
Fig. 6



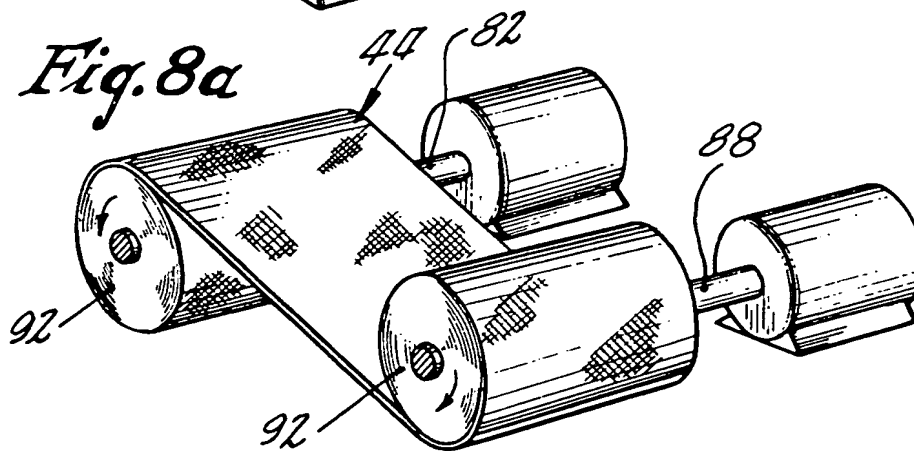
*Fig. 7*



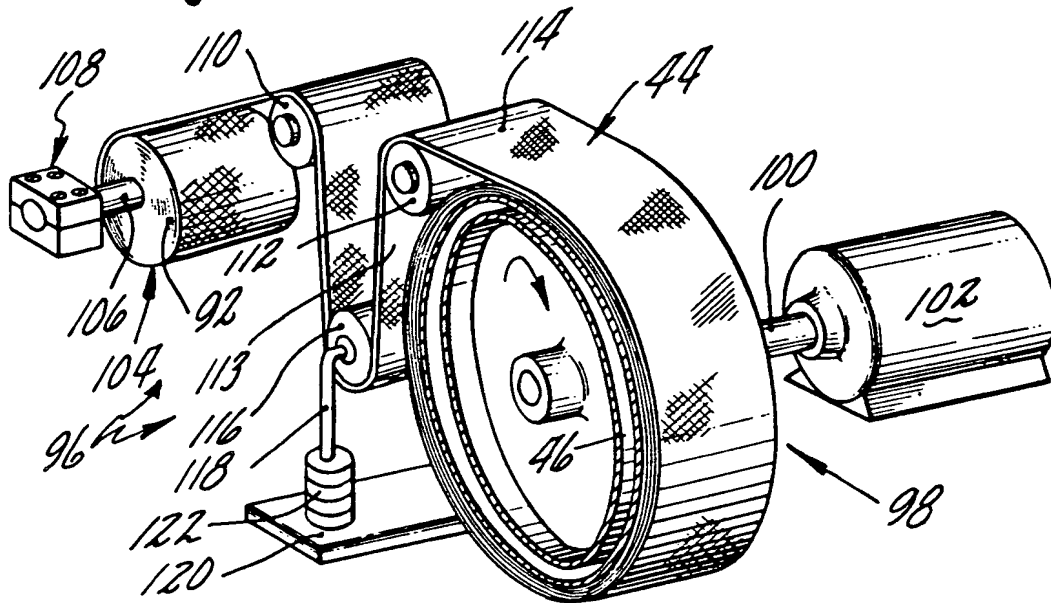
*Fig. 9a*



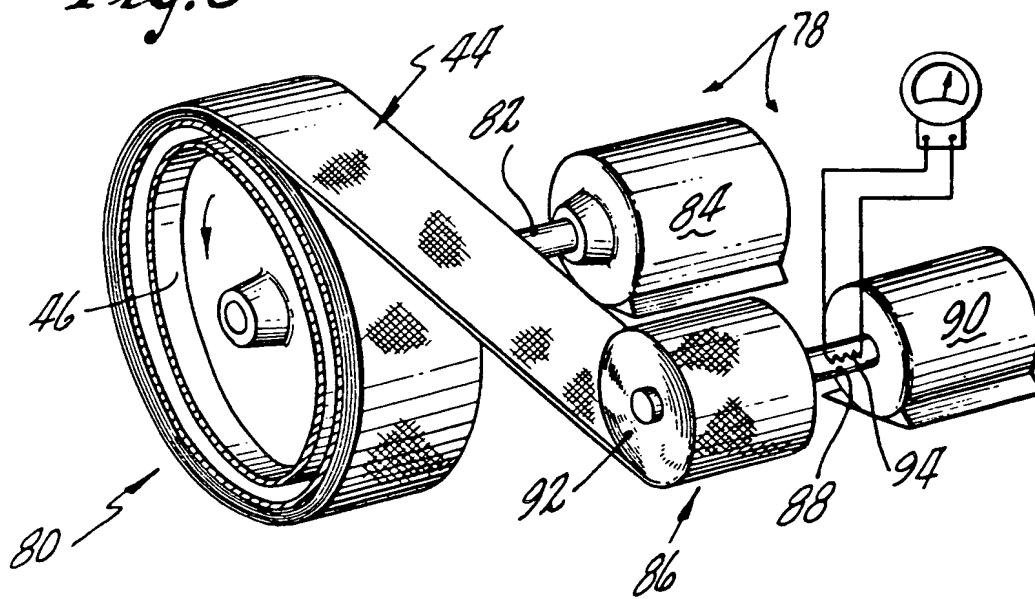
*Fig. 8a*



*Fig. 9*

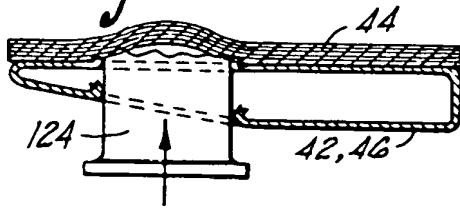


*Fig. 8*

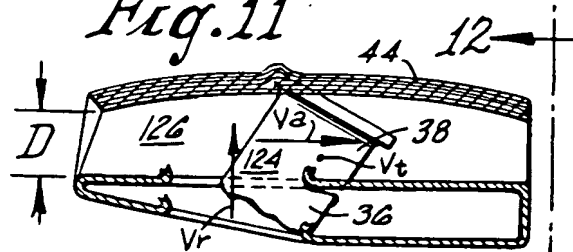




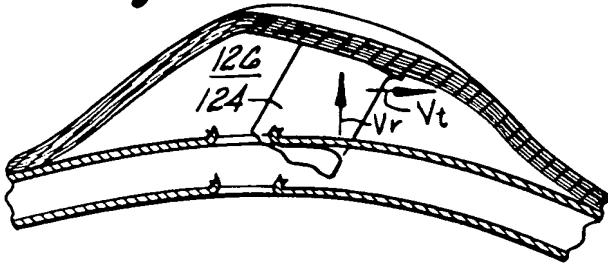
*Fig. 10*



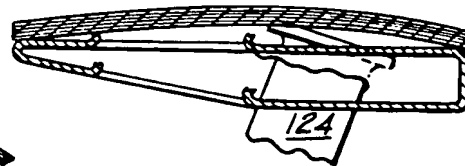
*Fig. 11*



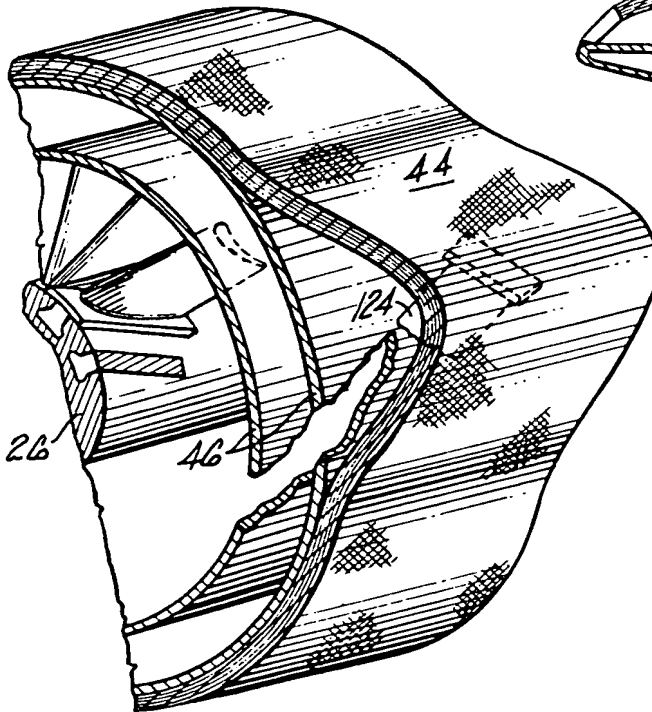
*Fig. 12*



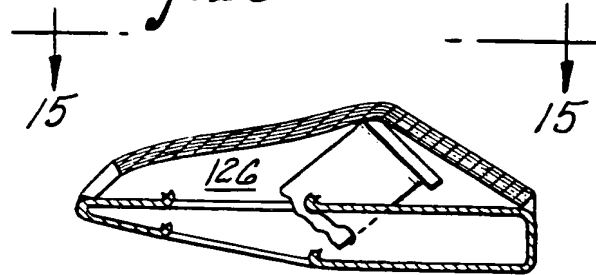
*Fig. 14*



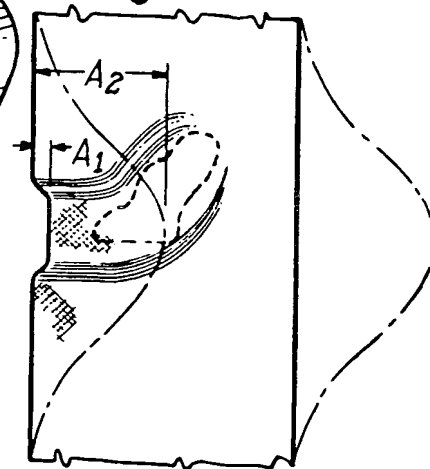
*Fig. 12a*



*Fig. 13*



*Fig. 15*



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record.**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☒ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☒ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☒ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**